

日 本 国 特 許 庁

JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 4月 5日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-104484

[ST.10/C]:

[JP2002-104484]

出 願 人

Applicant(s):

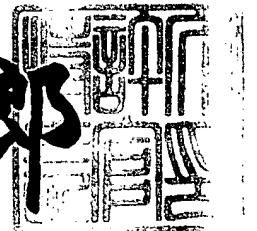
キヤノン株式会社

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2003年 4月25日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3029926

【書類名】 特許願

【整理番号】 4599024

【提出日】 平成14年 4月 5日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 21/027
G02B 17/02
G03F 7/20

【発明の名称】 投影光学系、該投影光学系を有する露光装置及び方法

【請求項の数】 18

【発明者】
【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社
社内

【氏名】 住吉 雄平

【発明者】
【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社
社

【氏名】 鈴木 雅之

【特許出願人】
【識別番号】 000001007

【氏名又は名称】 キヤノン株式会社

【代理人】
【識別番号】 100110412

【弁理士】
【氏名又は名称】 藤元 亮輔

【電話番号】 03-3523-1227

【手数料の表示】
【予納台帳番号】 062488

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0010562

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 投影光学系、該投影光学系を有する露光装置及び方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光軸に対して実質的に軸対称な反射領域及び／又は屈折領域を有し、当該領域を局所的に使用すると共に前記光軸周りに回転可能である光学素子を有する投影光学系。

【請求項 2】 前記領域を直接冷却する冷却装置を更に有する請求項 1 記載の投影光学系。

【請求項 3】 前記領域は、前記光学素子の回転時に収差を変化させる面形状が形成されている請求項 1 記載の投影光学系。

【請求項 4】 前記収差は、像面湾曲、ディストーション及びコマ収差のうち少なくとも一を含む請求項 3 記載の投影光学系。

【請求項 5】 前記投影光学系は、非軸対称形状の別の光学素子を更に有し、当該別の光学素子で発生した収差を低減するように前記光学素子は回転される請求項 3 又は 4 記載の投影光学系。

【請求項 6】 前記収差は、非点収差を含む請求項 5 記載の投影光学系。

【請求項 7】 前記光学素子は、中心部に前記光束を通過させるための孔を有する請求項 1 記載の投影光学系。

【請求項 8】 波長 20 nm 以下の EUV 光に対して用いられる請求項 1 乃至 7 記載のうちいずれか一項記載の投影光学系。

【請求項 9】 前記光学素子は非球面を有する請求項 1 乃至 7 記載のうちいずれか一項記載の投影光学系。

【請求項 10】 所望のパターンが形成されたマスクからの光束を被処理体面に投影する投影光学系の光学性能の劣化を判断するステップと、

前記光学性能の劣化に基づいて、当該光学性能の劣化を補正する領域が形成された光学素子から所望の領域を選択するステップと、

前記所望の領域を介して前記被処理体を露光するステップとを有する露光方法

。

【請求項 11】 前記判断ステップは、前記領域の露光量から判断する請求

項 1 0 記載の露光方法。

【請求項 1 2】 前記判断ステップは、前記被処理体の露光結果から判断する請求項 1 0 記載の露光方法。

【請求項 1 3】 前記判断ステップは、前記投影光学系に発生した収差から判断する請求項 1 0 記載の露光方法。

【請求項 1 4】 前記選択ステップは、前記光学素子を回転することによって前記所望の領域を選択する請求項 1 0 記載の露光方法。

【請求項 1 5】 前記選択ステップは、複数の前記光学素子の中から所望の光学素子を選択する請求項 1 0 記載の露光方法。

【請求項 1 6】 前記所望の光学素子は非球面を持つ反射素子である請求項 1 0 記載の露光方法。

【請求項 1 7】 請求項 1 乃至 9 のうちいずれか一項記載の投影光学系を有する露光装置。

【請求項 1 8】 請求項 1 7 記載の露光装置を用いて被処理体を露光するステップと、

露光された前記被処理体に所定のプロセスを行うステップとを有するデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体ウェハ用の単結晶基板、液晶ディスプレイ（LCD）用のガラス基板などの被処理体を露光する露光装置に関する。本発明は、特に、露光光源として紫外線や極紫外線（EUV：extreme ultraviolet）光を利用して露光を行う露光装置に好適である。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

近年の電子機器の小型化及び薄型化の要請から、電子機器に搭載される半導体素子の微細化への要求はますます高くなっている。例えば、マスクパターンに対するデザインルールはライン・アンド・スペース（L&S）0.1 μ m以下の寸

法像を広範囲に形成することが要求され、今後は更に 8 0 n m 以下の回路パターン形成に移行することが予想される。L & S は、露光においてラインとスペースの幅が等しい状態でウェハ上に投影された像であり、露光の解像度を示す尺度である。

【 0 0 0 3 】

半導体製造用の代表的な露光装置である投影露光装置は、マスク又はレチクル（なお、本出願ではこれらの用語を交換可能に使用する）上に描画されたパターンをウェハに投影露光する投影光学系を備えている。投影露光装置の解像度（正確に転写できる最少寸法） R は、光源の波長 λ と投影光学系の開口数（ NA ）を用いて次式で与えられる。

【 0 0 0 4 】

【数 1】

$$R = k_1 \times \lambda / NA$$

【 0 0 0 5 】

従って、波長を短くすればするほど、及び、 NA を上げれば上げるほど、解像度はよくなる。近年では、解像度はより小さい値を要求され NA を上げるだけではこの要求を満足するには限界となっており、短波長化により解像度の向上を見込んでいる。現在では、露光光源は、 KrF エキシマレーザー（波長約 2 4 8 n m）及び ArF エキシマレーザー（波長約 1 9 3 n m）から F_2 レーザー（波長約 1 5 7 n m）に移行しており、更には、EUV（extreme ultraviolet）光の実用化も進んでいる。

【 0 0 0 6 】

しかし、光の短波長化が進むと光が透過する硝材が限られてしまうために屈折素子、即ち、レンズを多用することは難しく、投影光学系に反射素子、即ち、ミ

ラーを含めることが有利になる。更に、露光光がEUV光になると使用できる硝材は存在しなくなり、投影光学系にレンズを含めることは不可能になる。そこで、投影光学系をミラーのみで構成する反射型投影光学系が提案されている。反射型投影光学系においては、各ミラーの配置、かかるミラーの面形状などを1本の光軸に対して軸対称に設計されている。

【0007】

しかしながら、露光時に使用する領域（スリット）は光軸から離れている限られた範囲にすぎないため、反射型投影光学系を構成するミラーの中には局所的にしか露光光のあたらない（即ち、一部分しか使用しない）ミラーもある。かかるミラーでは、局所的に露光光が当たることによってミラーを構成する材料に温度差が生じ、その結果、ミラーの面形状が変化して光学性能が劣化するという問題がある。そこで、ミラーに発生する温度差を緩和させるための冷却装置を設けた反射型投影光学系が、例えば、公開特許平成11年243052号公報に開示されている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、公開特許平成11年243052号公報において提案されている反射型投影光学系によれば、露光時に一部分しか使用しないミラーの非照明領域や反射面の裏側に冷却装置を設けているために、かかるミラーに発生する温度差を十分に緩和することができない。従って、やはり面形状が変化して光学性能の劣化を招いてしまい所望の解像度を得ることができない。

【0009】

そこで、本発明は、所望の解像度を得ることができ、優れた露光性能を実現することが可能である投影光学系、該投影光学系を有する露光装置及び方法を提供することを例示的目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明の一側面としての投影光学系は、光軸に対して軸対称な反射領域及び／又は屈折領域を有し、当該領域を局所的に使用する

と共に前記光軸周りに回転可能である光学素子を有する。かかる投影光学系によれば、光学素子を光軸周りに回転させることによって光束を当該領域にまんべんなくあてることができるので、温度分布の局所性を緩和して面形状の変化に起因する光学性能の劣化を抑えることができる。前記領域を直接冷却する冷却装置を更に有する。これにより、更に光学素子に発生する温度分布を抑えることができる。一方、前記領域に、前記光学素子の回転時に収差を変化させる面形状が形成されている形態もある。これにより、光学素子を回転させることによって面形状の変化に起因する収差を補正することができる。前記収差は、像面湾曲、ディストーション及びコマ収差のうち少なくとも一を含む。前記投影光学系は、非軸対称形状の別の光学素子を更に有し、当該別の光学素子で発生した収差を低減するように前記光学素子は回転される。これにより、光軸周りに回転することができない光学素子に発生する収差を光軸回りに回転することができる光学素子が補正することができる。前記収差は、非点収差を含む。前記光学素子は、中心部に前記光束を通過させるための孔を有してもよい。前記光束は、波長 20 nm 以下の EUV 光である。

【0011】

本発明の別の側面としての露光方法は、所望のパターンが形成されたマスクからの光束を被処理体面に投影する投影光学系の光学性能の劣化を判断するステップと、前記光学性能の劣化に基づいて、当該光学性能の劣化を補正する領域が形成された光学素子から所望の領域を選択するステップと、前記所望の領域を介して前記被処理体を露光するステップとを有する。かかる露光方法によれば、投影光学系を構成する光学素子の面形状の変化に起因する光学性能の劣化を補正し、優れた露光性能で露光を行うことができる。前記判断ステップは、前記領域の露光量、又は、前記被処理体の露光結果、又は、前記投影光学系に発生した収差から判断する。前記選択ステップは、前記光学素子を回転することによって前記所望の領域を選択する。前記選択ステップは、複数の前記光学素子の中から所望の光学素子を選択する。

【0012】

本発明の更に別の側面としての露光装置は、上述の投影光学系を有する。かか

る露光装置によれば、上述した投影光学系を構成要素の一部に有し、優れた露光性能を実現することができる。

【0013】

本発明の更に別の側面としてのデバイス製造方法は、上述の露光装置を用いて被処理体を露光するステップと、露光された前記被処理体に所定のプロセスを行うステップとを有する。上述の露光装置の作用と同様の作用を奏するデバイス製造方法の請求項は、中間及びその最終結果物であるデバイス自体にもその効力が及ぶ。また、かかるデバイスは、LSIやVLSIなどの半導体チップ、CCD、LCD、磁気センサー、薄膜磁気ヘッドなどを含む。

【0014】

本発明の更なる目的又はその他の特徴は、以下添付図面を参照して説明される好ましい実施例によって明らかにされるであろう。

【0015】

【発明の実施の形態】

以下、添付図面を参照して本発明の一側面である露光装置1について説明する。但し、本発明はこれらの実施例に限定するものではなく、本発明の目的が達成される範囲において、各構成要素が代替的に置換されてもよい。ここで、図1は、本発明の一側面としての露光装置1の例示的一形態を示す概略構成図である。

【0016】

露光装置1は、図1に示すように、照明装置100と、マスク200と、投影光学系300と、プレート400と、制御部500とを有する。

【0017】

露光装置1は、露光用の照明光としてEUV光（例えば、波長13.4nm）を用いて、例えば、ステップ・アンド・スキャン方式やステップ・アンド・リピート方式でマスク200に形成された回路パターンをプレート400に露光する投影露光装置である。かかる露光装置は、サブミクロンやクォーターミクロン以下のリソグラフィ工程に好適であり、以下、本実施形態では、ステップ・アンド・スキャン方式の露光装置（「スキャナー」とも呼ばれる）を例に説明する。ここで、「ステップ・アンド・スキャン方式」は、マスクに対してウェハを連続

的にスキャン（走査）してマスクパターンをウェハに露光すると共に、1ショットの露光終了後ウェハをステップ移動して、次のショットの露光領域に移動する露光方法である。「ステップ・アンド・リピート方式」は、ウェハのショットの一括露光ごとにウェハをステップ移動して、次のショットの露光領域に移動する露光方法である。また、図1には図示しないが、EUV光は大気に対する透過率が低いため、少なくともEUV光が通る光路は真空雰囲気であることが好ましい。

【0018】

照明装置100は、例えば、20nm以下のEUV光（例えば、波長13.4nm）により転写用の回路パターンが形成されたマスク200を照明し、光源部110と、照明光学系120とを有する。

【0019】

光源部110は、例えば、レーザープラズマ光源を使用する。レーザープラズマ光源は、真空中に置かれたターゲット材に高強度のパルスレーザー光を照射し、高温のプラズマを発生させる。そして、これから放射される波長13.4nm程度のEUV光を利用するものである。ターゲット材は、金属薄膜、不活性ガス、液滴などが用いられる。放射されるEUV光の平均強度を高くするためには、パルスレーザーの繰り返し周波数は高い方がよく、通常数kHzの繰り返し周波数で運転される。あるいは、光源部110は、放電プラズマ光源を用いる。放電プラズマ光源は、真空中に置かれた電極周辺にガスを放出し、電極にパルス電圧を印加して放電を起こし高温のプラズマを発生させる。そして、これから放射される波長13.4nm程度のEUV光を利用するものである。但し、光源部110は、これらに限定するものではなく、当業界で周知のいかなる技術も適用可能である。

【0020】

照明光学系120は、EUV光を伝播してマスク200を照明する光学系であり、集光光学系、オプティカルインテグレーター、開口絞り、ブレード等を含む。例えば、集光光学系は、ミラーから構成され、光源部110からほぼ等方向に放射されるEUV光を集め、オプティカルインテグレーターは、マスク200を

均一に所定の開口数で照明する。

【0021】

なお、光源部110と照明光学系120の間には、図示しないデブリ除去装置を配置してもよく、EUV光が発生する際に同時に生じるデブリは、デブリ除去装置によって除去される。

【0022】

マスク200は、EUV光を反射させる多層膜が施された反射型マスク又は透過型マスク（例えば、型抜きマスク）で、その上には転写されるべき回路パターン（又は像）が形成され、マスクステージ210に支持及び駆動される。マスク200から発せられた回折光は、投影光学系300で反射されてプレート400上に投影される。マスク200とプレート400とは、光学的に共役の関係に配置される。露光装置1は、ステップ・アンド・スキャン方式の露光装置であるため、マスク200とプレート400を走査することによりマスク200のパターンをプレート400上に縮小投影する。

【0023】

マスクステージ250は、マスク200を支持して図示しない移動機構に接続されている。マスクステージ250は、当業界で周知のいかなる構成をも適用することができる。図示しない移動機構はリニアモーターなどで構成され、制御部500に制御されながら少なくともY方向にマスクステージを駆動することでマスク200を移動することができる。露光装置1は、マスク200とプレート400を制御部500によって同期した状態で走査する。

【0024】

投影光学系300は、物体面（例えば、マスク200）からの光束を反射を利用して像面（例えば、プレート400などの被処理体面）上に投影する反射型投影光学系である。本実施形態において、投影光学系300は、図2に示すように、例示的に、マスク200側から光を反射する順番に光学素子310（光学素子310は、光学素子310a乃至310eを総括するものとする）と、投影制御部330とを有する。ここで、図2は、本発明の投影光学系300の例示的一形態を示す概略断面図である。

【 0 0 2 5 】

光学素子 3 1 0 は、反射を利用して光束を結像させる。光学素子 3 1 0 は、例えば、EUV 光を反射させる多層膜が施されたミラーで構成され、かかる多層膜により光を強め合う作用を奏する。光学素子 3 1 0 に適用可能な多層膜は、例えば、モリブデン (Mo) 層とシリコン (Si) 層を反射面に交互に積層した Mo / Si 多層膜、又は、Mo 層とベリリウム (Be) 層を反射面に交互に積層した Mo / Be 多層膜などが考えられる。波長 13.4 nm 付近の波長域を用いた場合、Mo / Si 多層膜からなる光学素子 3 1 0 は 67.5% の反射率を得ることができ、また、波長 11.3 nm 付近の波長域を用いた場合、Mo / Be 多層膜からなる光学素子 3 1 0 では 70.2% の反射率を得ることができる。但し、光学素子 3 1 0 に適用可能な多層膜は、上記した材料に限定されず、これと同様の作用及び効果を有する多層膜の使用を妨げるものではない。

【 0 0 2 6 】

光学素子 3 1 0 のうち、マスク 2 0 0 側から光束を反射する順番に数えて 3 番目と 4 番目の光学素子 3 1 0 c 及び 3 1 0 d は、図 3 (a) 及び図 4 (a) に示すように、光軸に対して軸対称な、光束を反射する領域 3 1 2 c 及び 3 1 2 d を有し、光軸周りに回転可能に構成されている。なお、光学素子 3 1 0 d には、中心部に光束を通過させるための孔 3 1 8 d が設けられている。また、光学素子 3 1 0 c 及び 3 1 0 d は、露光時において、領域 3 1 2 c 及び 3 1 2 d の全面に露光光があたるのではなく、局所的に露光光があたる領域（即ち、被照明領域）3 1 4 c 及び 3 1 4 d と、露光光があたらない領域（即ち、非照明領域）3 1 6 c 及び 3 1 6 d が存在する。従って、被照明領域 3 1 4 c 及び 3 1 4 d に露光光があたることによって、非照明領域 3 1 6 c 及び 3 1 6 d との間に温度差（温度分布）を生じるが、光学素子 3 1 0 c 及び 3 1 0 d を光軸周りに回転させることによって、露光光を領域 3 1 2 c 及び 3 1 2 d にまんべんなくあてることができ、温度分布の局所性が緩和される。従って、光学素子 3 1 0 の面形状の変化に起因する光学性能の劣化を抑えることができるため、所望の解像度を得ることができる。

【 0 0 2 7 】

更に、図 3 (b) 及び図 4 (b) に示すように、冷却装置 3 2 0 を設けて、光学素子 3 1 0 c 及び 3 1 0 d の領域 3 1 2 c 及び 3 1 2 d (即ち、非照明領域 3 1 6 c 及び 3 1 6 d) を冷却してもよい。冷却装置 3 2 0 は、例えば、冷却液体を用いて直接領域 3 1 2 c 及び 3 1 2 d を冷却することができる。従って、図 3 (a) 及び図 3 (d) に示した場合よりも更に光学素子 3 1 0 c 及び 3 1 0 d に発生する温度分布を抑えることができる。これにより、光学素子 3 1 0 c 及び 3 1 0 d の面形状の変化に起因する光学性能の劣化を積極的に抑えることができるため、所望の解像度を得ることができる。ここで、図 3 及び図 4 は、光学素子 3 1 0 c 及び 3 1 0 d の一例を示す平面図であって、図 3 (a) 及び図 4 (a) は、冷却装置 3 2 0 を設けていない場合、図 3 (b) 及び図 4 (b) は冷却装置 3 2 0 を設けた場合を示している。

【 0 0 2 8 】

光学素子 3 1 0 の中には、非軸対称形状のために光軸周りに回転させることができない光学素子 3 1 0 (本実施形態においては、3 1 0 a、3 1 0 f 及び 3 1 0 e (マスク 2 0 0 側から光束を反射する順番に数えて 1 番目、5 番目及び 6 番目)) もある。従って、光学素子 3 1 0 a、3 1 0 f 及び 3 1 0 e は、上述したような光軸周りに回転させることによって面変形の変化を抑えることができない。そこで、図 5 に示すように、光軸周りに回転させることができる光学素子 3 1 0 (本実施形態においては、光学素子 3 1 0 c 及び 3 1 0 d) に、光学素子 3 1 0 a、3 1 0 f 及び 3 1 0 e の面形状の変化による光学性能の劣化を補正するような面形状を形成した領域 3 1 2 乃至 3 1 8 をあらかじめ設ける。即ち、領域 3 1 2 乃至 3 1 8 には、光軸周りに回転させることができない光学素子 3 1 0 a、3 1 0 f 及び 3 1 0 e の面形状が変化することによって生じる収差を補正する面形状が形成されている。かかる収差は、像面湾曲、ディストーション及びコマ収差のうち少なくとも一を含んでいる。そして、光学素子 3 1 0 a、3 1 0 f 及び 3 1 0 e の面形状の変形によって生じる収差に応じて適宜、領域 3 1 2 乃至 3 1 8 を切り換えて露光を行う。これにより、光軸周りに回転させることができない光学素子 3 1 0 a、3 1 0 f 及び 3 1 0 e の面形状の変化によって生じる収差を光軸回りに回転させることができる光学素子 3 1 0 c 及び 3 1 0 d によって補正

することができる。従って、光軸周りに回転させることができない光学素子 3 1 0 a、3 1 0 f 及び 3 1 0 e の面形状の変化に起因する光学性能の劣化を抑えて、所望の解像度を得ることができる。ここで、図 5 は、光軸周りに回転させることができる光学素子 3 1 0 に他の光学素子の面形状の変化による光学性能の劣化を補正する面形状を形成した場合の一例を示す平面図である。但し、図 5 では 4 つの領域 3 1 2 乃至 3 1 8 を示しているがその数及び形状は例示的である。

【0029】

また、ほぼ全面に露光光があたる光学素子 3 1 0（本実施形態においては、瞳の位置に構成される光学素子 3 1 0 b）にあらかじめ非点収差を発生させる面形状を形成し、かかる光学素子 3 1 0 を回転させることによって露光時に発生する非点収差を除去することもできる。更に、投影光学系 3 0 0 の組み立て時に光学素子 3 1 0 を回転させて非点収差を調節することも可能である。

【0030】

投影制御部 3 3 0 は、検出部 3 3 2 と、判断部 3 3 4 と、駆動部 3 3 6 とを有する。検出部 3 3 2 は、投影光学系 3 0 0 の光学素子 3 1 0 及び判断部 3 3 4 に接続され、光学素子 3 1 0 の露光量を検出する。検出された光学素子 3 1 0 の露光量は、判断部 3 3 4 に送信される。判断部 3 3 4 は、検出部 3 3 2 及び駆動部 3 3 6 に接続され、判断部 3 3 4 からのデータに基づいて投影光学系 3 0 0 が光学性能の劣化を起こすかどうか判断する。更に、判断部 3 3 4 は、投影光学系 3 0 0 の光学性能の劣化を補正することができる光学素子 3 1 0 及びその領域 3 1 2 乃至 3 1 8 を選択して、駆動部 3 3 6 に送信する。駆動部 3 3 6 は、判断部 3 3 4 及び光軸周りに回転可能な光学素子 3 1 0 に接続され、判断部 3 3 4 の選択した最適な光学素子 3 1 0 の領域 3 1 2 乃至 3 1 8 を介して露光が行われるように光学素子 3 1 0 を回転させる。

【0031】

以下、図 6 を参照して、かかる投影光学系 3 0 0 を利用した本発明の露光方法の一例について説明する。図 6 は、本発明の露光方法 1 0 0 0 を説明するためのフローチャートである。まず、露光装置 1 が露光を開始すると、投影制御部 3 3 0 の検出部 3 3 2 が、光学素子 3 1 0 の露光量の検出を始める（ステップ 1 0 0

2)。次いで、検出部332の検出された露光量は判断部334に送信され、判断部334は、検出された露光量によって投影光学系300が光学性能の劣化を起こすかどうか判断する(ステップ1004)。判断部334が光学性能の劣化を起こさないと判断すれば、そのまま露光を継続する(ステップ1006)。判断部334が光学性能の劣化を起こすと判断すれば、かかる光学性能の劣化を補正するための面形状が形成された光学素子310を選択する(ステップ1008)。更に、判断部334は、選択した光学素子310に形成された面形状から光学性能の劣化を補正するために最適な領域312乃至318を選択する(ステップ1010)。その後、駆動部336が選択した光学素子310を回転させ、光学性能の劣化を補正する最適な領域312乃至318を介して露光が行われる(ステップ1012)。但し、投影光学系300の光学性能の劣化は、投影光学系300に発生する収差、露光結果などから判断することもできる。

【0032】

再び、図1に戻って、プレート400は、ウェハや液晶基板などの被処理体でありフォトリソが塗布されている。フォトリソ塗布工程は、前処理と、密着性向上剤塗布処理と、フォトリソ塗布処理と、プリベーク処理とを含む。前処理は、洗浄、乾燥などを含む。密着性向上剤塗布処理は、フォトリソと下地との密着性を高めるための表面改質(即ち、界面活性剤塗布による疎水性化)処理であり、HMDS(Hexamethyl-disilazane)などの有機膜をコート又は蒸気処理する。プリベークは、ベーキング(焼成)工程であるが現像後のそれよりもソフトであり、溶剤を除去する。

【0033】

プレートステージ450は、プレート400を支持する。プレートステージ450は、例えば、リニアモーターを利用してXYZ方向にプレート400を移動する。マスク200とプレート400は、制御部500により制御され同期して走査される。また、マスクステージ250とプレートステージ450の位置は、例えば、レーザー干渉計などにより監視され、両者は一定の速度比率で駆動される。

【0034】

制御部 5 0 0 は、図示しない CPU、メモリを有し、露光装置 1 の動作を制御する。制御部 5 0 0 は、照明装置 1 0 0、マスクステージ 2 5 0（即ち、マスクステージ 2 5 0 の図示しない移動機構）、プレートステージ 4 5 0（即ち、プレートステージ 4 5 0 の図示しない移動機構）と電氣的に接続されている。CPU は、MPU など名前の如何を問わずいかなるプロセッサも含み、各部の動作を制御する。メモリは、ROM 及び RAM より構成され、露光装置 1 を動作するファームウェアを格納する。但し、制御部 5 0 0 は、上述した投影制御部 3 3 0 の機能を有して一体的に構成されてもよい。

【0035】

露光において、照明装置 1 0 0 から射出された EUV 光はマスク 2 0 0 を照明する。マスク 2 0 0 の回路パターンを反映する EUV 光は、投影光学系 3 0 0 によりプレート 4 0 0 上に結像される。本実施形態では、マスク 2 0 0 とプレート 4 0 0 を縮小倍率比の速度比で走査することにより、マスク 2 0 0 の全面を露光する。

【0036】

本実施例の投影光学系 3 0 0 は、マスク 1 2 0 側からプレート（ウエハ）1 4 0 側にかけて、凸非球面反射素子、凹非球面反射素子、凸非球面反射素子、凹非球面反射素子、凸非球面反射素子、凹非球面反射素子を有する光学系であるが、本発明が適用できる投影光学系は、このような構成に限定されない。

【0037】

例えば反射素子の数は 6 枚以外でもよく、又、反射素子のパワー配置は凸凹凸凹凸凹に限定されない。このような様々な投影光学系は公知であるので、当業者であれば、本願の開示に基づいて、この公知の投影光学系において、収差が低減できるように、前記複数の反射素子のうち少なくとも一の反射素子を光軸周りに回転可能にすることはできる。

【0038】

更に、本発明は、上記実施例のように投影光学系が反射素子のみで構成される場合に限定されず、良く知られたカタディオプトリック型の投影光学系に対しても本発明は適用でき、同光学系の複数の屈折素子（レンズ）と複数の反射素子（

ミラー)のうちの少なくとも一つの光学素子を、収差が低減できるように、光軸周りに回転可能にすることはできる。

【0039】

次に、図7及び図8を参照して、上述の露光装置100を利用したデバイス製造方法の実施例を説明する。図7は、デバイス(ICやLSIなどの半導体チップ、LCD、CCD等)の製造を説明するためのフローチャートである。ここでは、半導体チップの製造を例に説明する。ステップ1(回路設計)では、デバイスの回路設計を行う。ステップ2(マスク製作)では、設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。ステップ3(ウェハ製造)では、シリコンなどの材料を用いてウェハを製造する。ステップ4(ウェハプロセス)は、前工程と呼ばれ、マスクとウェハを用いてリソグラフィー技術によってウェハ上に実際の回路を形成する。ステップ5(組み立て)は、後工程と呼ばれ、ステップ4によって作成されたウェハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程(ダイシング、ボンディング)、パッケージング工程(チップ封入)等の工程を含む。ステップ6(検査)では、ステップ5で作成された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テストなどの検査を行う。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、それが出荷される。

【0040】

図8は、ステップ4のウェハプロセスの詳細なフローチャートである。ステップ11(酸化)では、ウェハの表面を酸化させる。ステップ12(CVD)では、ウェハの表面に絶縁膜を形成する。ステップ13(電極形成)では、ウェハ上に電極を蒸着などによって形成する。ステップ14(イオン打ち込み)では、ウェハにイオンを打ち込む。ステップ15(レジスト処理)では、ウェハに感光剤を塗布する。ステップ16(露光)では、露光装置100によってマスクの回路パターンをウェハに露光する。ステップ17(現像)では、露光したウェハを現像する。ステップ18(エッチング)では、現像したレジスト像以外の部分を削り取る。ステップ19(レジスト剥離)では、エッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返すことによってウェハ上に多重に回路パターンが形成される。本実施形態のデバイス製造方法によれば、投

影光学系を構成する光学素子の面形状変化を抑え、光学性能の劣化を補正することができるので従来よりも高品位のデバイスを製造することができる。このように、かかる露光装置 1 を使用するデバイス製造方法、並びに結果物としてのデバイスも本発明の一側面として機能するものである。

【 0 0 4 1 】

以上、本発明の好ましい実施例について説明したが、本発明はこれらの実施例に限定されないことはいうまでもなく、その要旨の範囲内で様々な変形や変更が可能である。例えば、本実施例の投影光学系を構成する光学素子の数は 6 枚に限定されるものではなく、また、ArFエキシマレーザーやF₂レーザーなどのEUV光以外の波長200nm以下の紫外線を光源とする露光装置に用いることもでき、ステップ・アンド・リピート方式の露光装置（「ステッパー」とも呼ばれる）にも適用可能である。

【 0 0 4 2 】

【発明の効果】

本発明の投影光学系、該投影光学系を有する露光装置及び方法によれば、所望の解像度を得ることができ、優れた露光性能を実現することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の一側面としての露光装置の例示的一形態を示す概略構成図である。

【図 2】 本発明の投影光学系の例示的一形態を示す概略断面図である。

【図 3】 図 2 に示す光学素子の一例を示す平面図である。

【図 4】 図 2 に示す光学素子の一例を示す平面図である。

【図 5】 光軸周りに回転させることができる光学素子に他の光学素子の面形状の変化による光学性能の劣化を補正する面形状を形成した場合の一例を示す平面図である。

【図 6】 本発明の露光方法を説明するためのフローチャートである。

【図 7】 デバイス（ICやLSIなどの半導体チップ、LCD、CCD等）の製造を説明するためのフローチャートである。

【図 8】 図 7 に示すステップ 4 のウェハプロセスの詳細なフローチャート

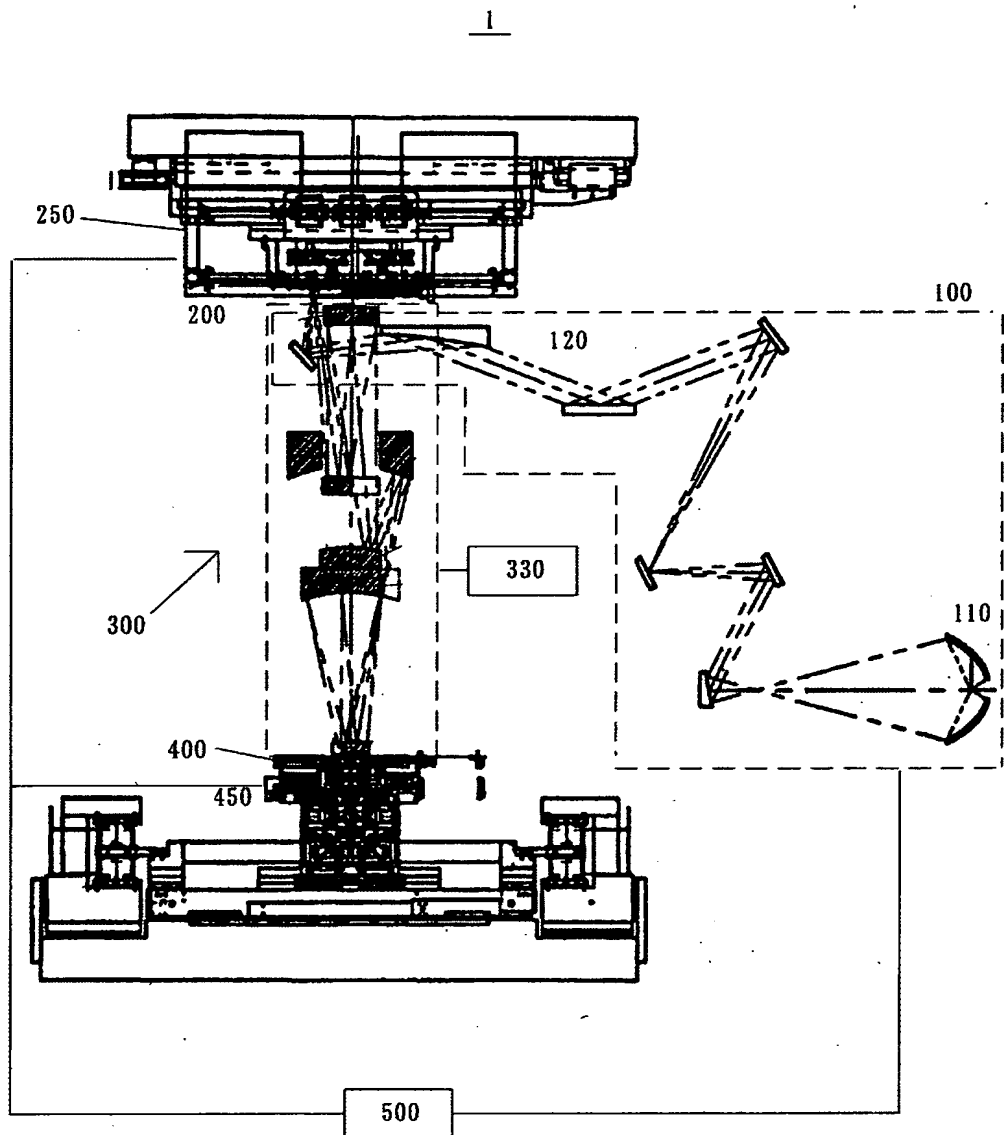
である。

【符号の説明】

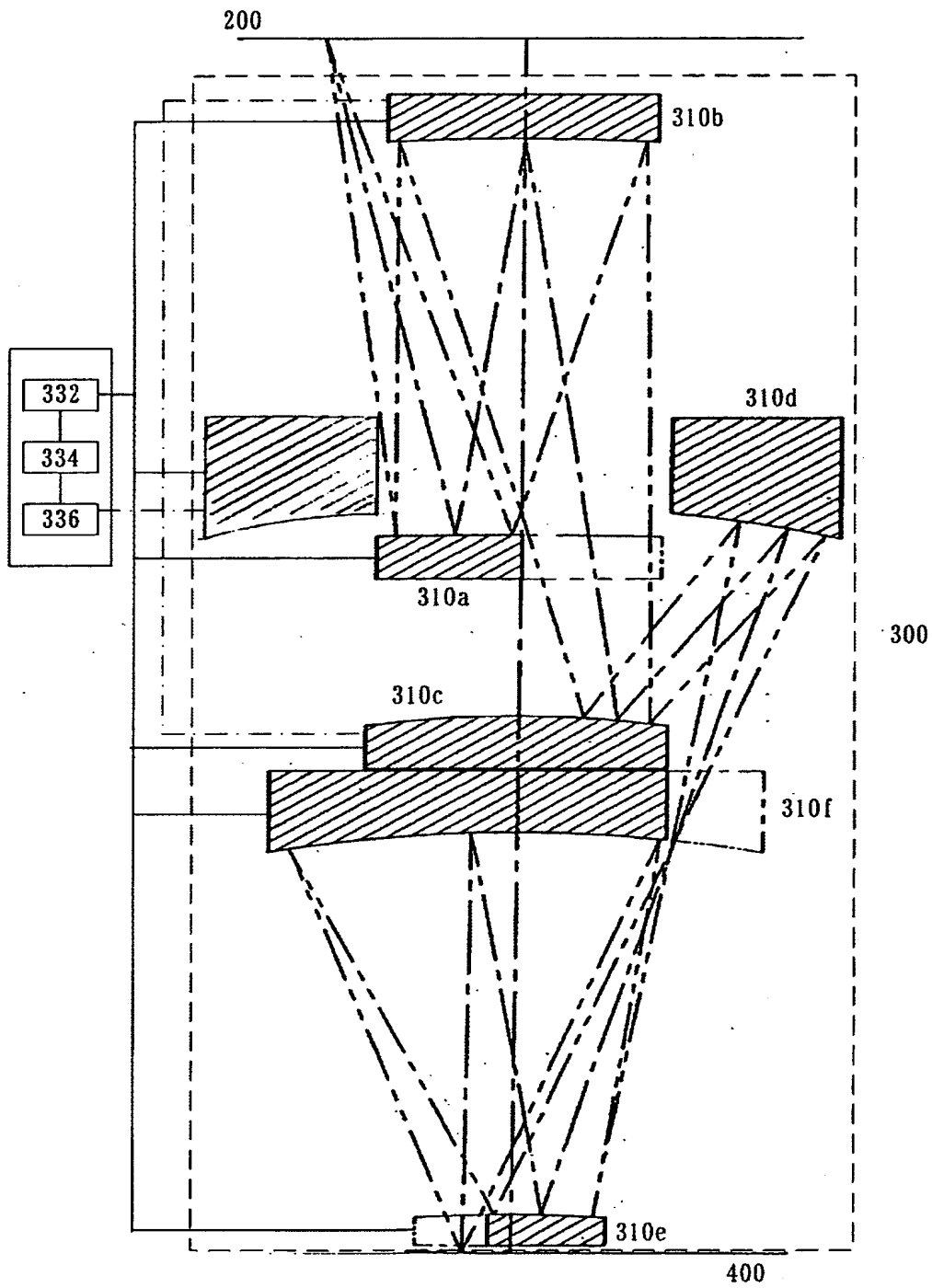
1	露光装置
1 0 0	照明装置
2 0 0	マスク
2 5 0	マスクステージ
3 0 0	投影光学系
3 1 0	光学素子
3 2 0	冷却装置
3 3 0	投影制御部
3 3 2	検出部
3 3 4	判断部
3 3 6	駆動部
4 0 0	プレート
4 5 0	プレートステージ
5 0 0	制御部

【書類名】 図面

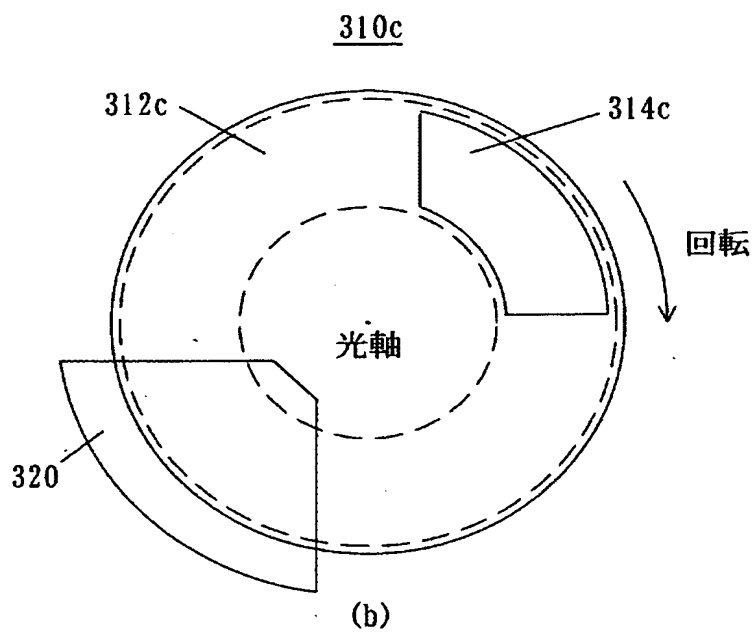
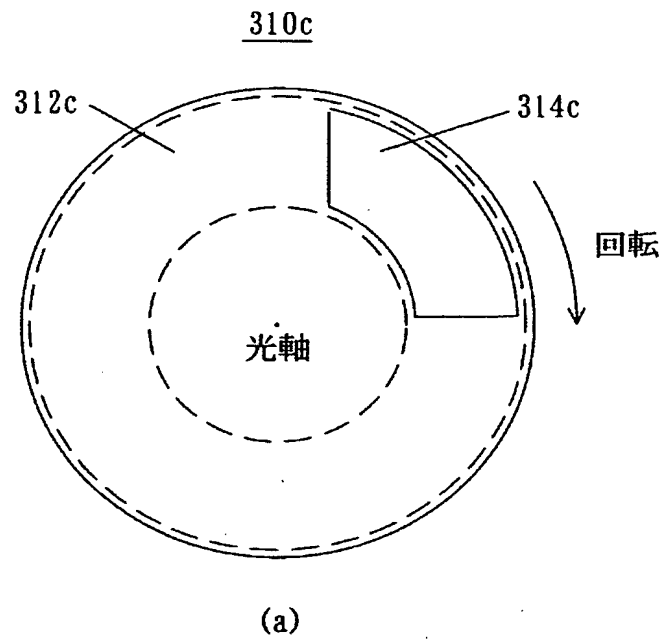
【図 1】



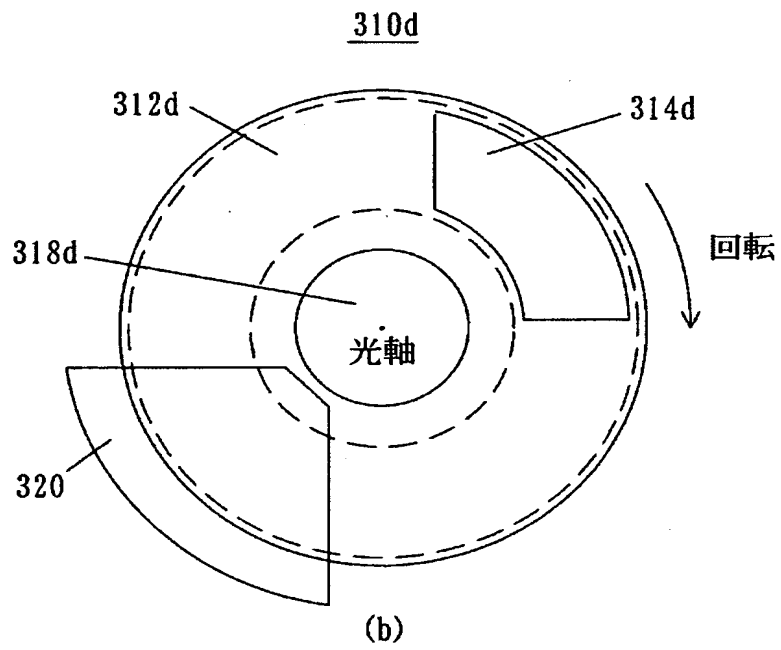
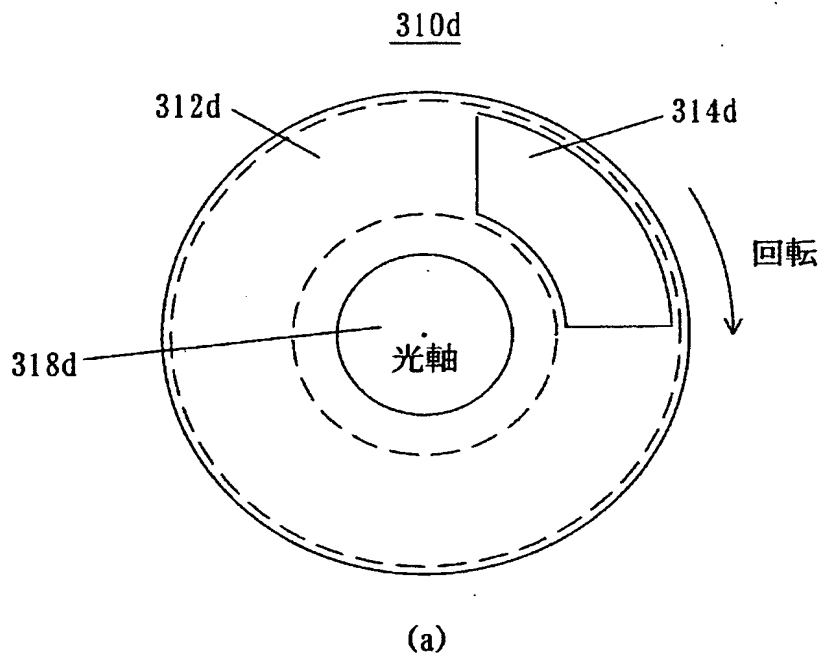
【図 2】



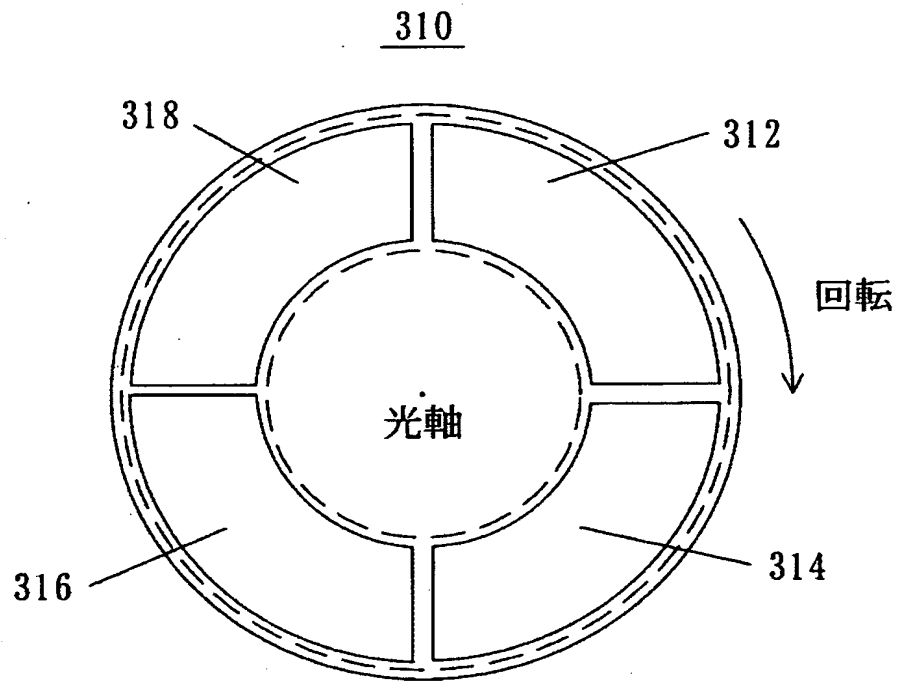
【図 3】



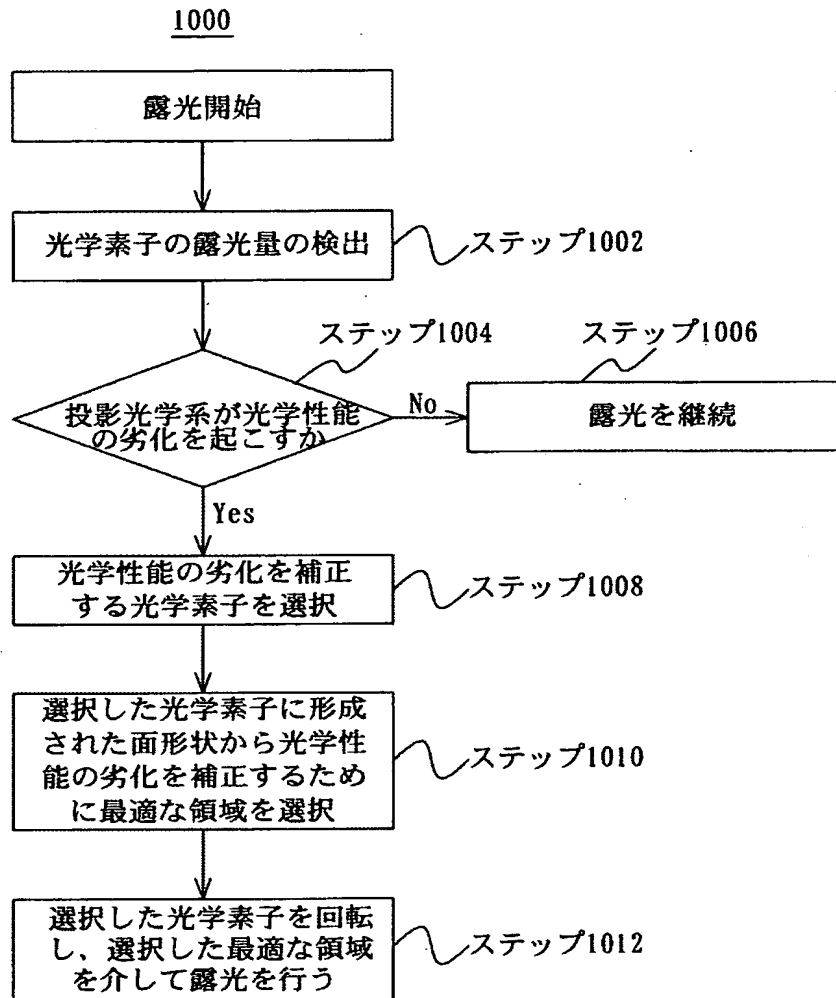
【図 4】



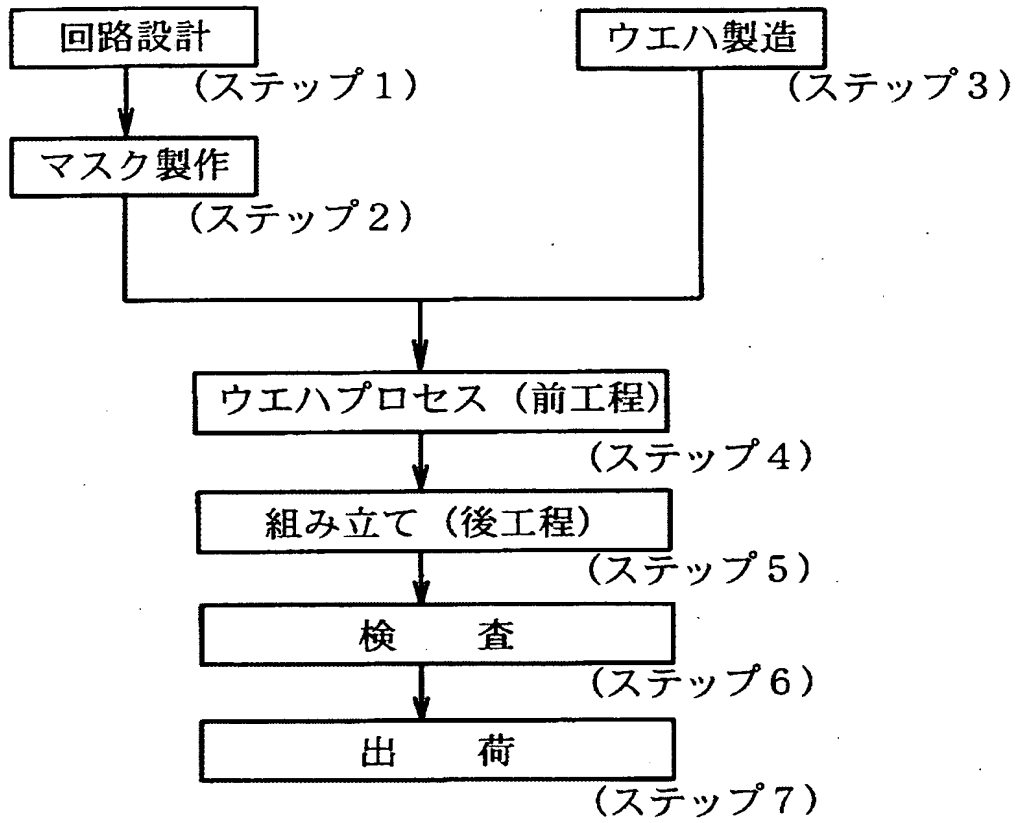
【図 5】



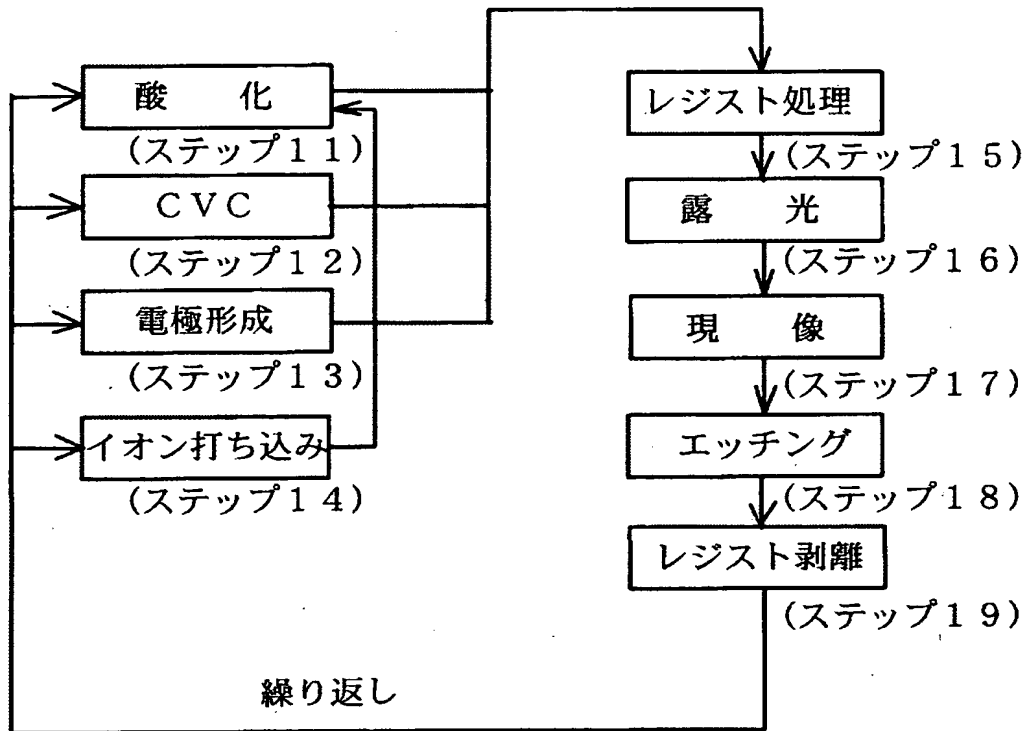
【図 6】



【図 7】



【図 8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 所望の解像度を得ることができ、優れた露光性能を実現することが可能である投影光学系、該投影光学系を有する露光装置及び方法を提供する。

【解決手段】 光軸に対して実質的に軸対称な反射領域及び／又は屈折領域を有し、当該領域を局所的に使用すると共に前記光軸周りに回転可能である光学素子を有する投影光学系を提供する。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000001007]

1. 変更年月日 1990年 8月30日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
氏 名 キヤノン株式会社